

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-023687  
 (43)Date of publication of application : 21.01.1997

(51)Int.Cl. H02P 6/20  
 H02K 21/22  
 H02K 29/00  
 H02P 1/46  
 H02P 6/10

(21)Application number : 07-188088

(71)Applicant : NIPPON DENSAN CORP  
 ISHIHARA YOSHIYUKI

(22)Date of filing : 30.06.1995

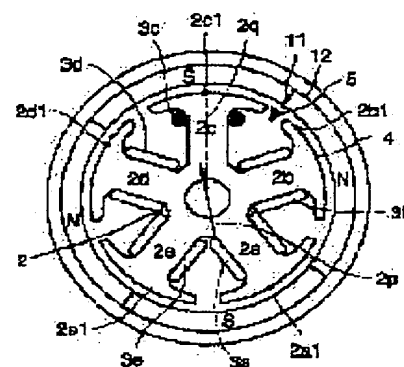
(72)Inventor : ISHIHARA YOSHIYUKI  
 KANEDA ISAO

(54) MAGNET MOTOR AND ACTIVATING SYSTEM THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To eliminate dead point of activation and reduce non-energization cogging torque by introducing directivity in a magnetic circuit to deviate a rotor magnet.

CONSTITUTION: Respective stator tips have equal circumference angles and sets the angle  $2p$  of the rolling direction, namely the magnetization-easy angle to 10 degrees in the counterclockwise direction for the center angle  $2q$  of teeth  $2c$ . Therefore, the magnetic center on the external circumference of each tip moves from the center angle of teeth as indicated by black points  $2a1$ ,  $2b1$ . From the relative relationship of circumference angle between tip and pole, the cogging torques of pole sections are cancelled with each other. Therefore, non-energization axis torque becomes almost zero without relation to the pole position. In addition, when a motor is rotated using a simplified drive circuit such as single phase bipolar and double-phase bipolar by mixing the teeth having provided excitation coil and the teeth not providing the coil, a torque generated in the inverse direction generated on each magnet coil can be reduced. Therefore, a rotating shaft torque can be smoothed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.04.2002  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.07.2004  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-23687

(43)公開日 平成9年(1997)1月21日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 6/20			H 0 2 P 6/02	3 7 1 B
H 0 2 K 21/22			H 0 2 K 21/22	M
	29/00			Z
H 0 2 P 1/46			H 0 2 P 1/46	
	6/10		6/02	3 5 1 G
審査請求 未請求 請求項の数9 F D (全 12 頁)				

(21)出願番号 特願平7-188088

(22)出願日 平成7年(1995)6月30日

(71)出願人 000232302

日本電産株式会社

京都市右京区西京極堤外町10番地

(71)出願人 595080614

石原 好之

京都府宇治市伊勢田町名木1丁目1番215

(72)発明者 石原 好之

京都府宇治市伊勢田町名木1丁目1番215

(72)発明者 金田 勲

滋賀県愛知郡愛知川町中宿248 日本電産

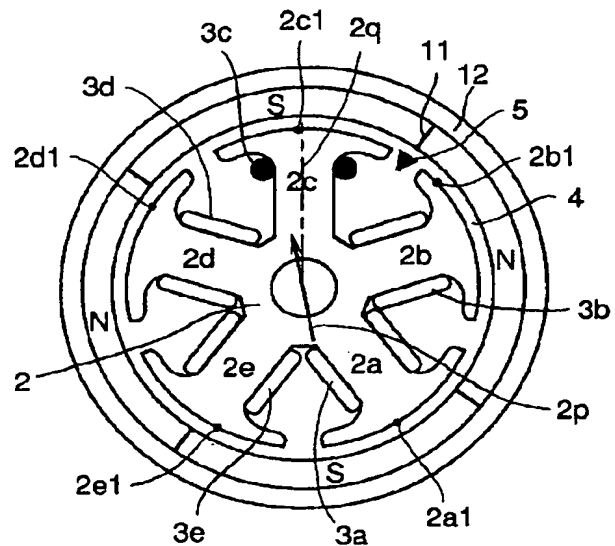
株式会社技術開発センター内

(54)【発明の名称】 磁石モータとその起動方式

(57)【要約】

【目的】 起動死点がなく、振動騒音レベルが低く、高いトルクを発生できる磁気回路とドライブ回路を提供する。

【構成】 ステータまたはマグネット部材の磁性に方向性を含み、ステータティップとマグネットボールの対向円周は無通電トルクが発生しないように設定される。励磁されるティースとされないティースが混在して設けられ、励磁コイルを有するティースコイルを起動時一瞬双方向に通電するドライブ回路を有し、少なくともその一方の通電方向により起動死点を免れる。通電励磁がなされるステータティースは対向するマグネットポールに逆方向の部分トルクが発生しないように配置される。通電励磁がなされないティースの本数が全ティース本数に占める比率は、三相ドライブ方式以下に選ばれ、高トルク高効率を得る。一つのホールセンサもしくは励磁コイルがないティースにセンサコイルが設けられ、方向磁性により磁束の死点を免れて、半導体スイッチを導通させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸を有するローター、円周端面に複数の磁極を備えたリング状の硬磁性体、複数のティースおよび円周端面において前記磁極と対向するステータティップを有する軟磁性体、前記ティースに巻回された励磁コイル、前記磁極の位置を検知する手段、前記コイルに通電するためのドライブ回路を有する磁石モータにおいて、前記複数のティップと磁極の相対的位置関係は両者の組み合わせによって前記個別のティップに発生する無通電部分トルクを積算した軸トルクがほぼ零になる組み合わせに選択されるとともに、前記ティースに励磁コイルを有するものと有しないものを混在させ、前記巻線を有するティップと磁極の相対的位置関係が、通電励磁に際して前記各ティップに発生する部分トルク中の逆トルク成分を低減するように選択されることを特徴とする磁石モータ。

【請求項2】 前記複数のティースおよびティップ幅が回転円周に占める角度、あるいは前記磁極の円周角が複数の値を含み、前記励磁コイルの巻線位置と極性と巻数が、前記通電による部分逆トルクを低減するような組み合わせに選択されることを特徴とする特許請求範囲第1項の磁石モータ。

【請求項3】 前記複数のティースは単位本数5のステータティースであり、前記着磁部分は単位極数4のローターマグネットの着磁部分であり、前記単位ティース5本中の4本のティースに巻線が施され、前記単位ティースもしくは磁極の少なくとも一方は均等な円周角を有し、これらの単位ティースが反復されて10ティース（またはスロット）8ポール、15スロット12ポールなどとして磁気回路が構成され、前記各コイルが二端子に結線されて単相バイポーラあるいは二相ユニポーラドライブ回路に接続され、前記ドライブ回路によって通電励磁されることを特徴とする特許請求範囲第1および第2項の磁石モータ。

【請求項4】 前記軟磁性体もしくは硬磁性体は少なくともその一部に方向性を有して成り、前記各ティースの中心軸と素材の磁化容易軸がなす角度を個別ティースによって相違させ、前記コイルの無通電時において前記硬磁性体から前記ティップに供給される磁束を偏在させることにより、前記磁極検知手段に鎖交磁界を供給してその検知出力をもって前記コイルへの通電を開始するとともに、前記磁極と前記ティップとの間に発生する電磁力により前記ローターの回転を起動せしめることを特徴とする特許請求範囲第1項ないし第4項の磁石モータ。

【請求項5】 前記ドライブ回路は、起動に際して前記励磁電流の通電方向を一定期間反転させる手段を含み、前記ティースを短時間逆方向に励磁することにより、前記ローターの回転角度に関して前記磁化容易軸の方向性に起因して正方向通電の場合と逆方向通電の場合では位相が異なる軸トルクを発生させ、一方向の通電による軸

トルクがゼロクロスもしくは低い値に相当する期間においては、他方の位相の異なる通電による軸トルクを発生する期間を用いる起動回路を含むことを特徴とする特許請求範囲第1項ないし第4項の単相磁石モータ。

【請求項6】 前記磁束検知手段はホール素子であって、前記磁化容易軸と前記励磁巻線の誘起磁束のなす位相差が円周角に従って変化することに基づいて、前記正逆二方向の通電によって発生する軸トルクの位相差が電気角でほぼ90°をなす位置に前記ホール素子を配置するとともに、起動に際して前記通電方向を短時間反転させることによって、一方向の通電が発生する軸トルクが零または低い値に相当するときは、他方の通電による振幅の大きな軸トルクを用いて、前記ローターの回転を起動させることを特徴とする特許請求範囲第1項ないし第5項の磁石モータ。

【請求項7】 前記磁束検知手段は前記非巻線ティースに巻回されたコイルであって、前記コイルと鎖交する磁束が前記磁化容易軸に誘導されてラジアル方向から傾斜することに基づいて前記コイルの誘起電圧が回転方向によって相違することに基づいて前記ローターの回転方向を識別するとともに、起動に際して発生軸トルクが零または低い値に相当するときは、他方の通電方向によって前記鎖交磁束の異なる位相によるトルクを用いて前記ローターの回転を起動させることを特徴とする特許請求範囲第1項ないし第5項の磁石モータ。

【請求項8】 前記起動回路の極性認識の反転期間は、その逆励磁期間がモータおよび負荷の機械共振周波数とほぼ共振関係に相当する期間に整合され、起動後においては前記特定反転期間の設定が解除されることを特徴とする特許請求範囲第1～7項の磁石モータ。

【請求項9】 前記ステータの素材は無方向性であって、補助巻線その他の起動手段が用いられ、当該モータを起動させた後は、ティースと磁極に係わる前項の要件を満たすことにより、一定期間における全ティース本数中に占める励磁休止ティース本数の割合を低下させたことを特徴とする特許請求範囲第1項の磁石モータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、新規な電磁技術を用いてOA分野などに適する直流小型精密ブラシレス磁石モータの特性の改善を図ることができるモータ構造ならびに励磁方式に係わる。より具体的には、直流小型精密モータの分野で多用されてきた三相バイポーラ方式に匹敵する特性を単相バイポーラあるいは二相ユニポーラ励磁において達成するためのモータ構造と励磁方式に係わる。

## 【0002】

【従来の技術】従来の磁石モータの技術は二系統に分類できる。一つの系統のモータ、例えばHDDスピンドルモータなどトルクリップルが問題になる分野で用いられ

るブラシレス磁石モータでは、マグネットボールとステータティップあるいはスロット数を奇数と偶数に設定して無通電コギングトルクを打ち消す非同期磁気回路を採用するとともに、三相コイルに対して三個のホール素子を用い、三相中二相のコイルに順次通電して回転させている。この方式の改良課題は、三相中一相が常に休止状態になるためその割合でトルクが弱まることと、比較的構成部品が多く複雑高価なことである。他方の系統のモータ、例えば軸流ファンなどトルクリップルが余り問題にならないブラシレス磁石モータでは、スロットとボールを同数にして同期トルクを発生させ、比較的高トルクを得て、モータを小型低価格にする方法が採用される。この場合の課題は、同期回転に伴いトルクリップルや振動が高まることと、起動死点を回避するために不均質なエアギャップを用いるため、ギャップの平均長が増加してモータの効率低下を余儀なくされることである。

【0003】図2は、そのような従来の三相非同期モータの基本的な磁気回路の断面を示す。図で1は正弦波様八極着磁の円環状ローターマグネット、11は着磁のゼロクロス部分、12はロータースティックを示す。2は、六個の突起状ティース2a、2b、・・・、2f、および中央部に軸と軸受を装着するための孔を有する等方性けい素鋼板を打ち抜いて、積層したステータコアであって、マグネット1とステータ2からアウトロータータタイプの磁気回路が構成される。ティース2a、2b、・・・、2fは、それぞれの外周端部にマグネット1の内周面と対向するティップを有する。各ティースにはコイル3a、3b、・・・、3fが巻回され、コイル3a-3d、3b-3e、および3c-3fはそれぞれ直列接続され、コイルの引き出し端子3ad、3be、3cfはYまたはΔ結線される。なお、中性点CTがドライブ回路の要請により用いられる。マグネット1の内周と各ティップの外周の間にはエアギャップ4が形成され、ティース2a-2b、2c-2d、2e-2fのティップ間の間隙には、非表示のベースプレート上にホールセンサ5a、5b、および5cが120°間隔に取り付けられる。

【0004】図2の磁気回路は基本的な組み合わせ3スロット4ボールの2倍の6スロット8ボールであって、この3対4の組み合わせを含むときは、個別のティップに発生する無通電部分トルクを打ち消すことができる。すなわち図3は、ローターマグネットの磁極に発生する無通電トルクと通電トルクの様相を模式的に示すものである。図3の各通電位相u->;v、w->;v、・・・において、上方に示す長方形の枠は、図2のステータティップ2a、2b、・・・をローター軸に対して直角方向のエアギャップ4の円周外側から見て、紙面に展開したものである。下方に示される実線のストライプは、各ティップに対向するマグネットボールの位置を展開したものであって、各ボールの左端に無通電コギングトルクの有無

と方向が記号「<、>」で示される。図示のように各ボールの無通電トルクが打ち消し合うため、図2の磁気回路では、ローターの位置を問わず軸トルクにコギングトルクが発生しない。したがって(U)(V)(W)各相に通電し、各マグネットボールの着磁中央部に対して「塗り潰しΔ(三角形の頂点がトルクの方向を示す)」で示すような通電トルクを発生させた場合、通電の切り換え位相およびローターの回転方向を問わず逆方向の部分トルクは発生せず、一定の回転トルクが得られる。この結果、通電中のトルクリップル、したがって機械振動が小さいという応用上の利点があり、OA用精密モータに賞用される。しかし図2のような直流給電の磁石モータでは、三相と言っても(U)(V)(W)各相中の二相が順次に給電されるのであって、図3のステータティップに「-」で表示したように常に一相が休止状態になる。したがってこのモータはマグネットの保有する全磁気エネルギーの2/3を利用しているに過ぎず、効率については改良の余地がある。

【0005】図2の従来三相モータの起動はつぎのように行われる。(U)(V)(W)各相コイルをバイポーラ励磁するときは、ふつう、非表示の6石半導体から成る三相ブリッジによる通電切り換え回路が用いられる。すなわち直列接続された2個の半導体スイッチの midpoint に例えば(U)相端子3adが接続され、以下同様にして他の2個の midpoint に(V)(W)各相コイル端子3be、3cfが接続される。各スイッチには、センサ5a、5b、5cの出力信号が信号処理され比較されて与えられ、各スイッチが選択的に開閉されることにより各相コイルの励磁電流が切り換わり、各相に120°位相ずれした交番トルクを発生する。つまり通電の時点において、ローターマグネット1に対して最も効果的な通電位相にある三相中の二相が選択され、その二相に通電して必要な起動トルクを発生させる。この結果ローターマグネット1が回転し始めると、引き続き高トルクを維持しつつ(U)(V)(W)各相のトルク曲線の大振幅の部分を渡るべく、着磁のゼロクロス11が到来するタイミングに応じて一相の半導体スイッチが転流される。この結果、常に一定値以上の軸トルクが発生し、起動死点を免れることができる。

【0006】モータが起動すると、三相中一相の通電を保持し、一相の通電を転流する方法で二相通電が順次切り換えられて行く。これを反復して通電周期が次第に短縮され、回転数が高められ、所望の回転数に達する。この間6個中2個の半導体スイッチが活性化され、残りは休止状態になるので半導体スイッチの利用率は1/3である。なおこの通電方式で、残る一相にも給電すると、回転方向に対して逆方向のトルクが発生する。それゆえ全ての相に通電することはできない。

【0007】このような非同期モータは、OA用途に適した特性を有して多用される反面、以下の欠点を併せ持

つ。第一に、コギングトルクを解消するため一相を捨てているため、利用可能な磁気エネルギーの全てが利用されていない。第二に、モタ構造が比較的複雑で価格が高い。第三に、部材の特性バラツキに対して敏感である。例えば3個のセンサには特性のバランスが求められるが、均一な特性を常時大量に得ることには困難があるため、回路側に補償作用が付加されるが、それでも使用できないセンサが存在する。第四に、ドライブ回路も比較的複雑で素子数が多く価格が高い。第五に、端子数あるいはリード線の本数が多く、接続手段が複雑になる。このため、例えばモータのベースプレート上にICを装着してリード線の本数を減らすなどの対策を余儀なくされる。

【0008】他方軸流ファンなどに用いられる非表示の同期モータについて、磁気回路の特徴を簡単に述べるとつぎの通りである。一般にティップとポールを同数とした磁気回路では、全てのティップとポールの対が同時に引き合う回転角度があるため無通電トルクの最大値が非常に大きい値に達する。また全ての対の電磁力が零になる角度が存在する。したがって同期モータでは、無通電コギングトルクが最大値と零の間を往復し、ローターが1回転する間に対の倍数の安定点すなわち起動死点に遭遇する。うち半数は不安定な仮死点、半数は安定な真の死点であり、マグネットポールとティップが引き合うローター角度が真の起動死点に相当する。

【0009】この起動死点を何らかの方法で克服すれば、あるポールとティップの相対関係は他の部分でも同じであるため、1個のセンサで簡易なモータを構成することができる。死点を克服するための従来方法としては、ステータティップの一部を切り欠いてローターマグネットを偏角させ、センサに磁束を鎖交させる方法が代表的である。しかし同期モータでは、起動後回転中の通電トルクもティップとポールの対向数に同期して大きな振幅で増減するから、無通電トルクに通電トルクが相乗してモータが回転するとき通電周波数の倍調波振動が発生し、一つの周波数にエネルギーが集中した振動スペクトルを呈して軸トルク中に振幅の大きなトルクリップルが混入する。さらに起動のためティップに切り欠きを設けた場合は、エアギャップのリラクタンスの増減に基づくリップルが混入するとともに、平均ギャップ長の増大によってモータ効率が低下する。しかし同期モータでは、全てのティースを同時に活性化できるため、磁気エネルギーを無駄なく利用でき、その結果、非同期モータに比較して高トルクを発生でき、高い効率が得られる。

【0010】このような同期磁石モータの特徴は、非同期モータに比較して対照的であり、したがってトルクリップルを嫌うOA用途の精密モータとしては用い難い。しかし、非同期モータを上回るトルクを発生できるため、単に高トルク高効率が求められる用途には適している。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明の第一の課題は、上記の代表的な従来二種の磁石モータの問題点、すなわちコギングの無い三相モータでは比較的効率が低く複雑高価であり、他方、構成簡易な同期モータではトルクリップルが大きいと言うそれぞれの長所と短所のうち、両者の長所を併せ持つとともに短所を廃した新規な磁石モータを提供することにある。

【0012】本発明の、第二の課題は、従来技術の諸問題を解消するだけでなく、新規な磁気回路と新規な起動方式を組み合わせることにより、これまで困難とされた単相バイポーラまたは二相ユニポーラ励磁における無死点起動を特別の補助装置を設けることなく達成することにある。

【0013】本発明の、第三の課題は、新規な磁気回路と新規なドライブ回路を組み合わせることにより、単相バイポーラ励磁において従来の三相バイポーラ以上の高トルクとモータ効率を達成することにある。

【0014】本発明の、第四の課題は、新規な磁気回路と新規なドライブ回路を組み合わせることにより、単相バイポーラまたは二相ユニポーラ励磁における回転中のトルクリップルを低減することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

【0015】本発明は、回転軸を有するローター、円周端面に磁極を備えた硬磁性体例えばリング状のローターマグネット、複数のティースおよび円周端面において前記磁極と対向するティップを有する軟磁性体例えばステータ、前記ティースに巻回された励磁コイル、前記マグネットの磁極位置を検知するための手段、および前記コイルに通電するためのドライブ回路を有する磁石モータにおいて、前記複数のティップと磁極の相対的位置関係は両者の組み合わせによって前記個別のティップに発生する無通電部分トルクを積算した軸トルクがほぼ零になる組み合わせに選択されるとともに、前記ステータティースに励磁コイルを有するものと有しないものを混在させ、前記ティースおよびティップの位置を選ぶことにより、通電励磁に際して前記磁極に発生する部分トルク中の逆トルク成分を低減する手段を用いる。また、前記複数のティースおよびティップ幅が回転円周に占める角度、あるいは各ティップ間の間隙が占める円周角、あるいは励磁コイルの巻線位置と極性と巻数が、異なる複数の値に選択されることにより、前記部分逆トルクをさらに低減する手段を用いる。

【0016】前記ステータは、少なくともその一部分に方向性を有し、この手段によって前記各ティースの中心軸と素材の磁化容易軸がなす角度をティース毎に相違させ、前記コイルの無通電時に前記マグネットから前記ティップに供給される磁束を偏在させ、前記磁極検知手段に磁界を鎖交させてその検知出力をもって前記コイルへの通電を開始するとともに、前記磁極と前記ティップ

との間に所望の回転方向に電磁力を発生させて前記ローターの回転を起動せしめる。

【0017】前記ドライブ回路は、起動に際して励磁電流の通電方向を一定期間反転させる手段を有し、前記ティースが一瞬逆方向に励磁されることによって、前記磁化容易軸の方向性に基づいて前記ローターの回転角度に関して正方向通電の場合とは位相が異なる軸トルクを発生させることにより、正方向通電の軸トルクがゼロクロスもしくは軸損などに比較して低い値に相当する期間においては、位相の異なる逆方向通電による高い軸トルクを発生するための起動回路を含む。

【0018】より具体的には、前記磁束検知手段はホール素子であって、前記磁化容易軸と前記励磁巻線の誘起磁束のなす位相差が円周角に従って変化することに基づいて、前記正逆二方向の通電により発生する軸トルクの位相差が電気角でほぼ $90^\circ$ をなす位置に前記ホール素子を配置するとともに、起動に際して前記通電方向を短時間反転させることによって、一方向の通電が発生する軸トルクが零または低い値に相当するときは、他方の通電による振幅の大きな軸トルクを用いて、前記ローターの回転を起動させる。前記起動回路の極性認識の反転期間は、例えば充放電回路の時定数によって定められ、好ましくはその逆励磁期間が、モータおよび負荷の機械共振周波数にほぼ合致する値に設定され、起動後はこの時定数による逆励磁作用が解除される。

【0019】あるいは、前記磁束検知手段は前記非巻線ティースに巻回されたコイルであって、前記コイルと鎖交する磁束が前記磁化容易軸に対応してラジアル方向から傾斜していることに基づいて、あるいは通電励磁に対応して磁束の方向が動的に変化することに基づいて、回転方向によって相違する出力波形を呈する前記コイルの誘起電圧によって前記ローターの回転方向を識別するとともに、起動に際して発生軸トルクが零または低い値に相当するときは、他方の通電方向によって前記鎖交磁束の異なる位相差に基づく高い軸トルクを用いることにより、回転を起動させる。

【0020】本発明による諸手段の第一の特徴は、ステータティップに切り欠きを設けることなく対称形状のままとし、素材に方向性を与えることによって円周角に従って次第に変化する磁気特性を各ティースに付与することを基盤とする。この方法によれば、無通電軸トルクを低めた状態において、通電トルク中に逆方向トルクを発生するティップをスキップさせることにより、通電部分トルクに基づくトルクリップルを低減させることができる。この目的で非巻線のティースが設けられ、あるいはティース中心角と磁化容易軸のなす角度とティップ形状が設定される。

【0021】本発明による諸手段の第二の特徴は、磁気回路に方向性を導入することによって無通電時にローターマグネットを偏角するだけでなく、通電励磁によって

ローターの偏角を助長できることにある。すなわち方向性ステータでは、各ティースの磁化容易軸と中心角との角度差が異なり、したがってその磁性が相違する。例えばティースによって飽和束密度が異なるため、各ティースを通電励磁すると、その電流による磁化レベルと励磁の極性に基づいて各ティースが異なるレベルで飽和する。したがって、あるティースはより飽和し、あるティースは飽和から少しく開放され、その結果、偏角が動的に助長されローターにスピンが掛かる。それゆえにこの発明では、ステータの磁化容易軸とティース中心角に角度差がない場合においても、角度差を設けた場合と異なる理由によってローターマグネットにスピンを掛けることができる。

【0022】本発明による諸手段の第三の特徴は、前記各ティップの磁気特性の相違に基づいて、ある円周角に磁気検出手段を配置して励磁電流の方向を切り換えるとき、CW回転とCCW回転では異なるトルク曲線が得られることにある。それゆえに起動時、何らかの方法で通電方向を強制的に切り換えると、少なくとも一方の通電で起動死点を解消できる。磁気検知手段としては、ホール素子、コイル検出とも可能であり、誘導磁界の影響を避けるため、好ましくはティップ間の空隙や非巻線ティースの近傍に配置される。とくに後者ではCWとCCW方向の電圧出力の相違により唯一のコイルで回転方向を検知できる。

【0023】本発明による磁場偏向を得る別の手段として、方向性ステータに代えて、回転角度に対して偏向された磁束分布を有するマグネットを用いることもできる。例えばマグネットの着磁を、鋸歯状波など回転角度に対して非対称な磁束分布を呈する着磁とするか、異方マグネットを用いて配向方向を非ラジアル方向に設定し、その配向方向に平行な着磁を含ませることによって、エアギャップに射出される磁束の方向もしくは各ティースを流過する磁束を少しく指向させて回転方向に対する磁束分布を非対称とし、ローターの偏角を得ることができる。さらにはステータの方向性とマグネットの異方性を併用することもできる。

【0024】本発明の磁気回路は、ローターマグネットの極数とステータティースもしくはティップの数が異なる非同期モータに対して適用できる。可能な対数としては、例えば5対4、5対6などである。この場合励磁コイルは、全てのティースに設けられず、前例について言うと5つのティース中1ティースは励磁コイルを有していない。全ティースに占める非励磁ティースの割合は、従来の三相バイポーラ励磁よりも小さくすることができ、この理由により従来の三相モータを上回るトルクを発生できる可能性を含む。なお、前記ステータの素材を従来多用される無方向性とした場合も、活性ティースの割合の増加させ逆方向トルクを低減することにより、高いトルクを発生できる。しかしながら等方性コアの場合

は、補助巻線その他の方法による起動手段が不可欠であり、方向性コアの場合に比較してモータならびにドライブ回路が複雑になることを免れない。

【0025】本発明の磁気回路は、均質な円周角を有するティップとマグネットの磁極が前記のような非同期の特殊な比率に設定されたときに効果を奏するほか、異なる円周角のティップあるいは磁極に対しても適用でき、さらに特性を高めることができる。異なる円周角は、均質なティップ形状や着磁において若干の通電逆トルクが残る場合に、補助的手段として用いることができる。その原理については、本出願人が平成7年5月12日付けで出願した特許願（名称：磁石モータ）の明細書および図面を参照されたい。

【0026】本発明のモータは、単相バイポーラのような簡単なドライブ回路と組み合わせて用いられる。この場合、ティースコイルは全て直列接続されるか、あるいは増磁性コイルと減磁性コイルを同数含む並列回路から構成される。あるいは、各コイルを平行二巻線で構成し、二つの通電経路を交互に導通させるバイフェイラ巻としてもよい。本発明の別のドライブ回路は、二相ユニポーラである。この場合、ティースコイルは二本の平行電線で構成され、交互に通電される。その磁氣的動作は、ティースによって励磁に休止期間が入る点を除くと単相バイポーラと同様である。

【0027】

【作用】本発明の磁石モータは、磁気回路に方向性を導入したため、従来の無方向性磁気回路を用いた同期モータとは異なり、ティップに切り欠きを設けることなくローターマグネットを偏角できる。その結果、起動死点を解消できるだけでなく無通電コギングトルクが減少すると言う作用効果が得られる。また各ステータティップ毎に磁気特性が相違するとともに、通電時の電流変化に伴ってその特性を変化できるため、各磁極に発生する電磁力を変化させ、起動死点を動的に解消することもできる。このような性質は、方向性の磁気回路では電磁力に指向性があることに起因するが、その作用の詳細については、例えば本出願人の一方が平成6年2月7日付けで提出した特許願（特願平6-35325）などの明細書および図面を参照されたい。

【0028】このような異方磁性はけい素鋼板のような軟磁性体だけでなく、マグネットのような硬磁性体に対して付与することもできる。マグネットを用いるときは、鋸歯状波着磁のように回転方向に対して非対称な着磁部分を含むようにするか、あるいは異方素材の配向方向をラジアル方向から傾斜させた部分を含ませることによって、ステータの場合と類似の作用を付与することができる。また、ステータ、マグネットともに異方磁性を与えると本発明の効果を強調できる。

【0029】本発明の磁石モータでは、従来の同期モータと同様唯一のセンサを用いることができる。すなわち

本発明の磁気回路は、励磁コイルの通電方向を反転したとき、従来の無方向性磁気回路では正方向と逆方向で対称なトルク波形を呈するのに対し、磁気回路の方向性に基づいて回転方向に対して正方向と逆方向で非対称なトルクを発生する。正逆両方向の発生トルクは、磁束の方向性に基づいて位相がズレるため、この性質を用いれば従来の三相モータと同様にどのようなローター位置においても起動トルクを得ることができるとができる。

【0030】ここで通電方向の切り換えに関し、電流反転時の電流は、 $-X[A]$  から  $+X[A]$  まで変化するが、従来一般の起動回路では  $0[A]$  から  $X[A]$  までの変化であり、それゆえ本発明の磁石モータでは同一の実効電流で従来に倍する電流変化が得られ、単なる通電の開始に比較すると二倍の起動トルクを発生できる。このような逆励磁回路の構成および作用効果の詳細については、例えば本出願人の一方が平成3年3月29日に提出した特許明細書（特開平4-304192）の明細書および図面を参照されたい。

【0031】前項の逆励磁を実行するには、例えばセンサ電圧の認識を反転させたり、あるいは充放電などのタイマー回路を用い、起動時において一定の短時間だけ正規の回転方向とは逆方向の通電を行えばよい。この通電期間の長さは、実際にローターが逆方向に回転するような長時間ではなく、電気または電磁的な尺度の短時間である。なおこの逆励磁期間を、モータおよび付加の機械共振周波数にほぼ合致させると、磁気エネルギーを効率よく機械エネルギーに変換できる。このような逆励磁動作を実行するドライブ回路の実例としては、本出願人が関与して平成6年7月25日に出願された特許願（特願平6-172677）の明細書および図面を挙げることができる。

【0032】本発明の磁石モータでは、従来の三相モータと同よう、ステータティップとマグネットポールを予め非同期の特定関係に選ぶことにより、無通電コギングを解消できる。加えて本発明の磁石モータでは、励磁コイルを設けたティースと設けないティースを混在させることにより、単相バイポーラ、二相ユニポーラなど簡単なドライブ回路を用いてモータを回転させた場合、通常は各マグネットポールに発生する逆方向のトルクを低減することができる。しがって回転軸トルクは平滑され、従来の三相モータに匹敵する円滑で静粛な回転を得ることができる。

【0033】本発明の磁石モータは、全ティース本数中に占める休止ティースの割合を従来の三相モータにおける  $1/3$  以下の値に低下させ得ることにより、部分逆トルクの発生を抑制できたときには、従来の三相モータ以上の回転トルクとモータ効率を得ることができる。以上の構成により、低いトルクリップルと高い効率を両立でき、さらには簡易小型な構成と低価格を実現することができる。

## 【0034】

【実施例】図1は、本発明の第一実施例の磁気回路の断面を示す。図で、各部の記号の多くは図2の記号と共通である。マグネット1は、異方性のゴムフェライト磁石に4ボールの正弦波ラジアル均等着磁を施したものである。ステータ2は、5つのティースを有し、一方向性のけい素鋼板を20枚積層したコアにより形成される。各ステータティップは均等な円周角を有し、その圧延方向すなわち磁化容易軸は紙面の矢印2pの方向に設定される。2pの角度は、ティース2c中心角2qに対して反時計方向に10°傾斜している。このため各ティップ外周上の磁気中心は、図に黒丸2a1、2b1、・・・で示すようにティース中心角から移動する。ティップ外周の形状は、回転方向に対して対称でありエアギャップ4の間隔は一定である。

【0035】図4は、図3と同様な方法により、図1の第一実施例のマグネットボールに発生する部分トルクのパターンを模式的に示すものである。図のボール位置においては、下方に行くに従ってローターマグネットが回転する様子をゼロクロス11などの縦線の移動によって表す。図で各ティップとボールの円周角の相対的關係により、各ボール部分の左端に示すコギングトルクが打ち消し合うため、ボールの位置に拘らず無通電軸トルクがほぼ零になることが分かる。なおステータ形状が同一であっても、材質を無方向性から方向性に変更すると磁束が偏在することによって無通電トルクを低下できることが平成7年5月12日付け提出の上記特許願に述べられている。

【0036】ティース2a、2b、2d、2eには励磁コイル3a、3b、3d、3eが巻回され、そのコイル極性は例えば増磁、減磁、増磁、減磁性であって全て直列に接続され、ティース2cには励磁コイルが設けられていない。ティース2cの近辺、図ではティース2cとティース2bとの間に、ホールセンサ5が非表示のベースプレート上に設置される。ティース2cには励磁コイルがないため、センサ5は、ローターマグネットのゼロクロス11を安定に検知することができる。もしセンサ5を励磁コイルがあるスロットに配置すると、特に多スロットでは誘導磁界の影響を受けるため、センサ位置が比較的狭い角度範囲に制限される。なお後述のように、センサ5の代わりにセンサコイルをティース2cに巻回してもよい。このように各ティースの位置に励磁コイルを配分すると、各ティップに発生する通電トルクの多くを回転方向に指向させることができ、回転トルクを高めることができる。

【0037】本発明の第一実施例では、図1のように構成されたモータが図5のドライブ回路に負荷されて単相励磁される。図5において、起動指令が入ると充放電回路5eがCR時定数によって定まる発振波形を出力し、その充電電圧の上昇に応じて逆転指令信号を発生し、放

電電圧の降下に応じて正点指令信号を発生する。したがって、特定期間のみ指令信号発生回路5hに逆方向通電の指令を与え、2相分配器5cを経由してブリドライバ5dの出力を反転させることにより、例えば25msの時間だけ逆回転方向の励磁を行うことができる。この期間は、モーターおよび回転負荷に比較して十分短いため、ローターが逆方向に回転することは起こらない。

【0038】図1のコイル3を双方向に通電したとき、センサ5が磁化容易軸2pとなす角度に関して適切な位置に配置されているときは、図6の曲線に示すような起動トルクが得られる。すなわちコイル3が回転開始の時刻において正回転を与える方向に通電されたたすると、得られる起動トルクは、実線8aのような軌跡を描く。コイル3が逆方向に通電されたたすると、起動トルクは実線8bのような軌跡を描く。あるいは通電方向を一定方向に保ち、ローターを正回転および逆回転させるか、あるいはセンサ5による着磁極性の認識を反転させたときにも同様な結果が得られる。実線8aと8bを比較すると、横軸の回転角度 $\theta$ に対して両曲線のゼロクロス位相がずれ、90°の角度差をなしている。このような通電方向による起動トルク曲線の位相ズレは、無方向性ステータの場合には発生しない。方向性ステータの場合は、ステータの磁化容易軸2qと各ティースの中心角がなす角度がティース毎に相違するため、その角度を次第に変化させて通電切り換えのポイントをシフトすれば、曲線8aと8bのゼロクロス位相が0°から次第に拡大し、図示のように90°の位相差に至り、さらには90°以上の位相差に拡大する。

【0039】ここで図4などの起動回路により起動時点の逆励磁を行うことは、図6に8a1、8b1として示す電流方向の反転を意味する。すなわち曲線8aの振幅が基準線8abを下回るとき通電方向を反転させると、そのとき比較的大きな振幅を有する曲線8bを利用できる。つまり電流方向の反転を実行することは、曲線8bをトルク $\tau=0$ の横軸に対して、点線で示すように上方に折り返すことに相当する。かくすれば、トルク曲線8bは8cのように変化して、各トルク曲線の振幅の高い部分を81、82、83、・・・のように渡ることができ、その結果、起動死点が消滅する。なお無方向性ステータでは、両曲線のゼロクロス位相が共通になるから、逆励磁による死点の解消効果は存在せず、何らかの起動手段を必要とする。

【0040】かくして図1のローターが回転を開始すると、センサ5は鎖交磁束の変化に応じて正弦波様の電圧を出力し、この波形が図5のセンサアンプ5bによって矩形波に整形され、そのゼロクロスを検知することによって図5の終段回路の半導体スイッチ6a-6b、7a-7bが交互に導通する。この結果、ローターが回転してマグネットの磁極が各ティップの逆トルクが優勢になる位置まで接近すると、通電方向が反転してステータの



電磁石の極性が反転し、以下これを反復してローターの回転が加速され、所定の回転数に達する。この間において、図1の5個のティップと4個のボールの間には、図4に記号「塗り潰し△」で示すような通電による部分トルク（矢印の方向がトルクの方向となる）が発生する。図4の通電トルクを図3に示した従来の三相モータの場合と比較すると、単相1センサでは一つの通電切り換えの間に多くのロータ位置が入ることが分かる。

【0041】図4では、各ボールの中央部に部分通電トルクの有無と方向が記号「-、<、>」によって示されるほか、各ボールの左端に無通電トルクの有無と方向が記号「-、塗り潰し△、白抜き△（三角形の頂点がトルクの方向を示す）」によって示される。これらトルクの発生は、各磁極の中央部分に対して発生するもので、図の記載はステータコアを図2と同よう無方向性として描いたものである。図4において、無通電軸トルクは零となるが、通電部分トルクの中には、正規の回転方向と逆方向のトルクが二ヶ所あり、磁極境界の太枠と白抜きの記号「白抜き△」によって示される。これらトルクは、そのローター位置における通電軸トルクを押し下げるため、発生トルクは従来の三相バイポーラ方式に少し及ばない。しかしこの状態においても、従来の同期モータに比較して変動幅が減少した軸トルクが得られることが分かる。

【0042】ここで図1に示すステータの方向性に基づく各ティースの外周上の磁気中心の移動を図4に適用すると、各ティップの下端に示すように磁気中心が図示黒丸の位置に向かって移動する。応じてティップ2bに対応する逆転方向の部分トルクが、矢印に示すように黒転し、逆トルクを正方向のトルクに是正できる。また、ティース2dについても改善されるため、2aについては若干悪くなることを考慮しても、全体として改善され、三相バイポーラ方式に近いトルクが得られる。なお逆トルクを全て解消するには、平成7年5月12日付けで本出願人が出願した特許願（整理番号230007、名称：磁石モータ）に述べたように、各ティップあるいはボールの円周角を不均斉にした形状を採用すると有効なほか、二重着磁、ダブルセンサその他の方法で、通電切り換えを頻繁に行う方法も効果がある。

【0043】このように図1のモータでは、5個中4個のティップを常に活性化できるため、図1の構成のままでも実用レベルの出力が得られる。さらに、部分逆トルクが解消された状態においては、従来の三相モータの2/3を上回る比率でマグネットボールを活性化できるため、単相励磁において三相モータ以上のトルク出力を得ることができる。高トルクが得られる原因に関し、磁石モータのトルクはその殆どが磁石から供給されるものであるため、励磁の相数の影響よりも休止の極数を減らすことがより有効と推定される。なお、半導体スイッチについても、図5のHブリッジを用いることにより、利用

効率を1/3から1/2に改善することができる。

【0044】このように本発明の第一実施例の磁気回路では、磁化の方向性を有するステータとHブリッジのような簡単なパワーステージを含む専用ドライブ回路を組み合わせることによって、無通電コギングトルクおよび回転トルクのリップルを従来の同期モータに比較して著しく低減するとともに、ステータティップとマグネットボールの位置関係、および励磁ティースの選択により正規の回転方向に対して逆方向のトルクの発生を低減もしくは解消することにより、従来の三相モータに匹敵するトルクを得ることができ、したがって従来主流の同期および非同期三相モータの長所を併せ持つ新規なモータおよびドライブ方式として用いることができる。本発明による簡略化に関し、その理由をマクロに推察すると、1相が素材の磁場方向性によって与えられ、他相が通電励磁によって与えられるため、不完全な磁場の回転ベクトルが発生すると考えることもできる。

【0045】つぎに図7には、本発明の第二の実施例の磁石モータの各磁極に発生する無通電および通電トルクが示される。この実施例のモータの磁気回路は、図1の第一実施例と類似であるが、ただし各ステータティップの円周角が均等でなく、図示のように増減変動されている。この結果、逆トルクの発生を低減してより高い軸トルクを発生させることができる。図7の記号は、図1と同様に無方向性ステータについて記載されたものである。そして各黒丸によつて方向性による磁極中心の移動の傾向が示される。

【0046】図7によれば、無方向性ステータにおける逆方向の部分トルクはティップ2bに対する一ヶ所のみであり、図4の第一実施例に比較して改善されている。そして方向性ステータを用いるときは、ティップの磁気中心の移動により、この逆トルクも解消できることが分かる。この結果、最大軸トルクは第一実施例に比較して高められ、従来の三相バイポーラ方式を上回る。反面無通電トルクについては、完全には解消されず、若干の残留がある。

【0047】図8は、本発明の第三の実施例の低電圧CD-ROM用薄型スピンドルモータの磁気回路の断面およびセンサ回路の一部を示す。図の記号の多くは、これまで用いたものと共通である。ローターマグネット1は、等方性のNdプラスティック磁石を正弦波着磁したものであり、ステータラミネーションは、一枚当たり0.35mmの厚さで、8枚積層される。方向角2pは、ステータスロットが図1の第一実施例に比較して多スロットであるため、ティース2cの中心角との角度差を減じて設定される。マグネットボールとステータティップの数は図1の第一実施例の3倍の12と15である。この構成は比較的スロット数が多いため、コイルの巻線後の全高が低くなり、薄型モータに適している。各ティップの形状、各ティースの幅は同一であり、ティース

ス2a、2b、および2d、2eには励磁コイルが巻線され、ティース2cには励磁コイルが巻線されず、この配列を円周方向に繰り返す。

【0048】ティップ2cには、励磁コイルはないが、磁気検知手段としてセンサコイル51が巻回される。その位置は、図6について述べた死点解消作用に対応して、磁化容易軸と約140°の角度をなし、その信号出力は、抵抗51a、キャパシタ51bから成るフィルタを経てセンサアンプ51cに与えられ、アンプの出力が図5のホールアンプ5bの出力に代えて2相分配器5cに与えられる。センサコイル51は、ステータ2が方向性であるため、あるいは方向性によって通電の際に磁束の方向が変化することに基づいて、ローターの回転方向を知ることができる。なおセンサコイル51は、2c以外の励磁コイルがないティースにも巻線し、例えば全て直列に接続することにより、その検知能力を高めることもできる。このようなセンサコイルは、励磁コイルを巻線することもできるが、その場合は複数のティースを用いて非信号成分を相殺する必要がある。

【0049】励磁コイル3a、3b、3d、3e、・・・は、増磁、減磁、増磁、減磁性に巻線され、全て直列接続され、例えば図4のドライブ回路の出力端子に接続される。電源が投入されると、図6を用いて説明した起動原理によってローターが回転を開始する。この間コイルセンサ51は、ローターの停止状態を含めて鎖交磁束の方向性によって回転方向と磁束のゼロクロスを検知するため、通電方向の反転を反復してローターが正転方向に加速され、定速に到達する。なおコイルの接続に関し、増磁、減磁コイルを一つのペアと見なし、これらペアを含んで並列回路を構成することができる。ただし並列接続を含む場合は、並列回路が干渉を起こさないように各コイルの位置を選択する必要がある。また、励磁コイルを単線から二本の平行銅線に代えてそれぞれ直列接続し、バイファイラ巻きとし、図5のドライブ回路に代えて二相ユニポーラ回路に接続し、交互に半波通電してもよい。

【0050】図8の磁気回路では、ローターマグネットの各着磁部分に、基本的には図4のパターンと類似であるが、角ティップと磁化容易軸のなす角度の相違に基づいて少しく異なるトルクを発生する。図8の磁気回路では、ティップに無方向性ティースを用いるとき、無通電時の軸トルクにコギングトルクは微弱である。しかし素材を方向性に変更するとさらにコギングトルクが低下するとともに、励磁に伴い各着磁部分に発生する電磁力中の逆転方向トルクの成分もより微弱になる。そして通電中は、15本のティース中12本が活性化し、4/5の稼働率が得られる。この磁気回路に代えて三相ドライブ方式を用いるときは、15本のティース中10本が活性化され2/3の稼働比率であるから、図8の磁気回路は、逆方向トルクを低減したときは、従来の三相バイボ

ーラと同程度の回転トルクを発生できる。

【0051】以上ステータに磁化容易軸を導入して、その磁化容易軸の方向を適宜に選定した5スロット4ポールを基本構成とする磁気回路を有する本発明の三つの実施例について述べたが、本発明の応用範囲は、各実施例の構成に止まらず、方向性ステータを用いる各種のモータとドライブ回路に対してその技術基盤を逸脱しない範囲において広く適用できる。例えば、ステータティップとマグネットの各着磁部分が、このように高い稼働比率となる組み合わせは5対4に限定されることはなく、無通電トルクが零になる範囲でいろいろな組み合わせを用いることができる。また、励磁コイルは増磁性と減磁性を半々としているが、両者の比率を任意に設定することができる。他に、異なる方向性あるいは方向性と無方向性を混在させたラミネーションステータ、二方向性など多方向性のステータ、本発明の効果が得られる範囲でポール数やスロット数を変更した磁気回路、積層コアの代わり一枚板を成形して用いるインダクタモータなどを挙げることができる。

【0052】本発明の実施例は、いずれもステータコアの方向性を利用するものであるが、ステータの代わりにマグネットに異方性を与えた場合も類似の効果が得られる。例えば等方性マグネットの着磁波形を鋸歯状など回転方向に対して非対称とした場合、異方性素材を用い配向方向が異なる複数の磁石片として貼付した場合、配向方向をラジアル方向から傾斜させた場合、複数の配向方向が混在したマグネットなどである。さらには、軟磁性体の方向性と硬磁性体の異方性を相乗した場合などである。

【0053】この他本発明による起動効果は、起動時のみこれを用い、三相ドライブ回路その他の方式で回転を持続する場合にも適用できる。また本発明によるトルクの増大効果は、マグネットがインナーロータータイプの磁気回路、硬磁性体が静止して軟磁性体が回転するタイプのモータなどに対しても選択的に適用することができる。

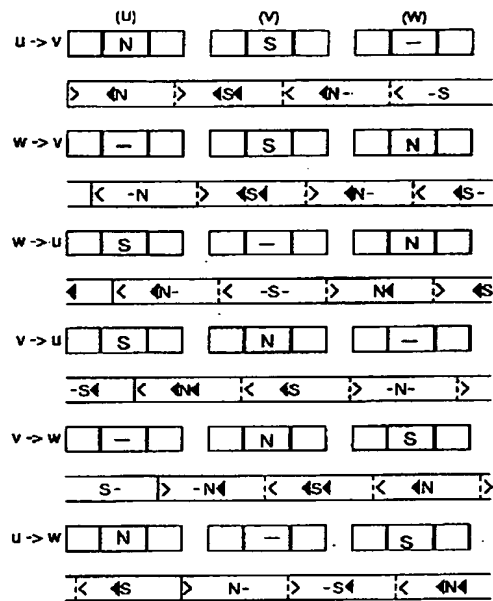
【0054】

【発明の効果】本発明によれば、磁石モータに異方性磁場を導入したため、また、異方性磁場の発生を利用するに適したドライブ回路を提供することにより、磁気回路の形状に機械的変形を加えることなく、純電磁的な方法を用いて、従来の磁気回路においては必然的に発生した起動死点を解消することができる。

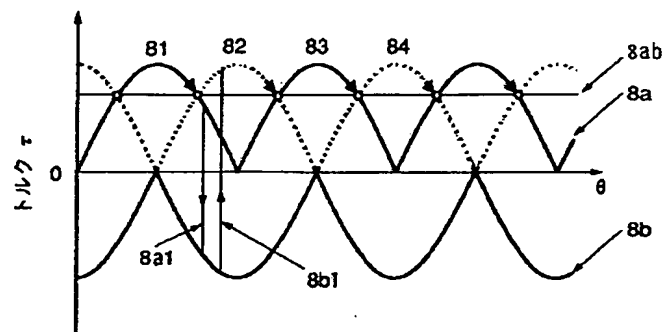
【0055】本発明によれば、無通電コギングトルクの発生がない磁気回路構成において、休止ティップの割合を相対的に低減することなどにより、従来の三相バイポーラ方式を上回るトルク出力が得られる。また、この特性により最大磁束密度の低い磁石素材を用いることが可能になる。その結果、トルクリップル、振動、騒音を低減した状態で、高いモータ効率を得ることができた。

[illegible]

【図3】



【図6】



【図5】

